

Aus dem Anatomischen Institut der Universität München

Direktor: Prof. Dr. T. v. LANZ

Untersuchungen über Verhalten und Einbau der Tiefenanastomosen – Venae communicantes – am Fuß und Unterschenkel

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

EBERHARD SANDER

aus Quedlinburg



1959

5349/60.

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität München

Referent: Prof. Dr. PAUL DZIALLAS

Korreferent: Prof. Dr. TITUS v. LANZ

Dekan: Prof. Dr. KURT KOLLE

Tag der mündlichen Prüfung: 12. 2. 1959



Abdruck aus

Anatomischer Anzeiger, Bd. 106, 1959

Begründet von **K. v. Bardeleben**

Herausgegeben von

M. Watzka und H. Voß

Mainz

Jena

VEB GUSTAV FISCHER VERLAG · JENA

Satz und Druck: Druckerei „Magnus Poser“

Printed in Germany

Lizenznummer ZLN 5093

Nachdruck verboten

(Aus dem Anatomischen Institut der Universität München
Direktor: Prof. Dr. T. v. LANZ)

Untersuchungen über Verhalten und Einbau der Tiefenanastomosen — Venae communicantes — am Fuß und Unterschenkel¹⁾²⁾

Von EBERHARD SANDER

Mit 14 Abbildungen im Text

Einleitung

An den Extremitäten des menschlichen Körpers gibt es zwei venöse Abflusssysteme — einmal ein oberflächliches, im subkutanen Fett zwischen Haut und Faszie verlaufendes Venennetz, zum anderen das System der tiefen Venen, die meist als Begleitvenen der Arterien zwischen die Muskulatur eingebettet sind. Beide Systeme werden durch Tiefenanastomosen — die Vv. communicantes profundae — miteinander verbunden. Sie durchbohren in ihrem Verlauf die Extremitätenfaszie.

Am Bein sind die Tiefenanastomosen bei der Diskussion des Varizenproblems und auch bei der chirurgischen Behandlung der Varizen selbst immer schon ein wichtiger Faktor gewesen und standen im Brennpunkt des Interesses. Demgegenüber steht die Tatsache, daß die Tiefenanastomosen in den anatomischen Fachbüchern meist nur sehr kurz erwähnt werden. In der übrigen uns erreichbaren Literatur werden Angaben darüber vielfach nebenbei gemacht, oder aber Untersuchungen immer nur unter ganz speziellen Gesichtspunkten angestellt.

Nur wenige Autoren machen nähere Angaben z. B. über die Stromrichtung des venösen Blutes in den Tiefenanastomosen, die von dem Vorhandensein und der Stellung von Klappen abhängig ist. SPALTEHOLZ-SPANNER (1954) beschreiben die Stromrichtung am Fußrücken von der Tiefe zur Oberfläche, an Fußsohle, Unter- und Oberschenkel aber umgekehrt, von der Oberfläche zur Tiefe hin. v. LANZ (1938) nimmt in seinen Schemata eine Durchgängigkeit in beiden Richtungen an.

1) Meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. T. v. LANZ, zu seinem 60. Geburtstag gewidmet.

2) Als Inaugural-Dissertation der Medizinischen Fakultät der Universität München vorgelegt 1959.



Erste anatomische Befunde über die Tiefenanastomosen finden sich in den Arbeiten von LE DENTU (1867), BRAUNE (1871) und MÜLLER (1889). Hinsichtlich der Klappenstellung macht LE DENTU schon die Angabe, daß sie am Fuß das Blut aus der Tiefe zur Oberfläche leiten, am Unterschenkel jedoch in umgekehrter Richtung. MÜLLER bestätigt dieses Verhalten, fügt aber hinzu, es könnten Tiefenanastomosen ohne Klappen vorkommen, ohne jedoch genauer zu sagen, wo diese lokalisiert sind. KANIA (1950) präparierte die Venen an den unteren Extremitäten je einer männlichen und einer weiblichen Leiche und kommt zu dem Ergebnis, daß das Blut in den Tiefenanastomosen des Unterschenkels im wesentlichen von der Oberfläche zur Tiefe geleitet wird. Sie beschreibt aber eine Tiefenverbindung zur V. tibialis anterior mit oberflächenwärts gestellter Klappe. Zahlreiche Autoren erbrachten mit Strömungs- und Injektionsversuchen den Nachweis, daß der venöse Blutstrom am Bein von der Oberfläche zur Tiefe gerichtet sein müsse (GIACOMINI 1873, PERTHES 1895, LÖHR 1921, KOSSINSKY 1925 u. a.). HALSE (1952), EYSHOLDT (1954) u. a. zeigten dies mit Hilfe der modernen Methode der Phlebographie.

Dow (1951) gibt eine besondere Methode zur röntgenographischen Darstellung der Tiefenanastomosen an.

Neuere Arbeiten, in denen genauere Angaben über die Zahl und die Lokalisation der venösen Tiefenverbindungen gemacht werden, wurden von Chirurgen im Zusammenhang mit Methoden der chirurgischen Varizenbehandlung veröffentlicht. (LINTON 1938, SHERMAN 1949.)

Schließlich veröffentlichte PIRNER (1956) Untersuchungen, bei denen er spezielle Angaben über die Klappenverhältnisse in den Tiefenanastomosen des Beines macht.

Über die anatomischen Verhältnisse an den Durchtrittsstellen der Tiefenanastomosen durch die Faszie liegen nach meinen Feststellungen überhaupt keine genaueren Angaben vor.

Es ergibt sich die Tatsache, daß nach unserem Wissen über die Tiefenanastomosen am Bein keine, die anatomischen Gesichtspunkte zusammenfassende Arbeit vorliegt. In Anbetracht der Aktualität, die diesem Teil des venösen Systems am Bein mit Rücksicht auf das Varizenproblem zukommt, halte ich es daher für gerechtfertigt, neuerlich mittels eigener Präparationen die anatomischen Verhältnisse der Tiefenanastomosen am Bein darzustellen und zu früheren Untersuchungen anderer Autoren Stellung zu nehmen.

Es würde dagegen weit über den Rahmen dieser Arbeit hinausgehen, das gesamte Problem der varicösen Veränderungen aufzurollen, da hierzu die anatomische Fragestellung allein nicht ausreicht. Dagegen mag die genauere Gesamtdarstellung der anatomischen Verhältnisse vielleicht doch manchen Gesichtspunkt für die Ätiologie der Varizen klarer darzustellen.

Herrn Professor Dr. PAUL DZIALLAS danke ich an dieser Stelle für den Hinweis auf dieses Thema, für seinen fachlichen Rat und die immer freundliche Unterstützung bei der Durchführung der Arbeit.

Material und Technik

Die Untersuchungen führte ich an amputierten unteren Extremitäten Erwachsener verschiedenen Alters durch. Fünf Beine wurden ganz, vier weitere nur an bestimmten Stellen zur Kontrolle präpariert. Dabei ging ich so vor, daß zunächst, nach Präparation der Haut, das oberflächliche Venennetz dargestellt und dabei sämtliche durch die Faszie zur Tiefe abzweigende Verbindungsäste aufgesucht wurden. Die Venensituation hielt ich in einer Skizze fest; dann wurde jede zur Tiefe ziehende Verbindungsvene sorgfältig freipräpariert und bis zu ihrer Einmündung in das tiefe Venensystem dargestellt. Ihr Verlauf wurde ebenfalls festgehalten; die Tiefenanastomose dann herausgetrennt. Die einzelnen Tiefenanastomosen (im folgenden TA genannt) schnitt ich sorgfältig mit Hilfe einer Pinzettenschere auf und untersuchte sie mit dem Stereomikroskop (Zeiss) genau auf das Vorhandensein von Klappen, deren Zahl, Stellung und Lage registriert wurden. Auch die Länge des unter der Faszie verlaufenden Teiles der TA bis zu ihrer Einmündung in eine tiefe Begleitvene wurde gemessen. Die Struktur der Fasiendurchtrittsstellen wurde präparatorisch und mikroskopisch-anatomisch durch Schnitte in verschiedenen Ebenen, ermittelt.

Befunde

A. Topographische Verhältnisse

Um einen topographischen Überblick zu bekommen, war es erforderlich, zunächst nach grundsätzlichen Merkmalen sowie Regelmäßigkeiten der Lokalisation zu suchen. Meine Untersuchungen ergaben folgenden Befund:

Die Zahl der TA und ebenso die Stellen, an denen sie aus dem oberflächlichen Venennetz entspringen und zur Tiefe ziehen, erwiesen sich als völlig inkonstant und variabel, wie ja auch das oberflächliche Venennetz selbst individuell sehr unterschiedlich ausgebildet ist. Es erscheint ganz unzweckmäßig, Angaben hierüber durch die genaue Wiedergabe der Präparate zu machen. Die Stellen, an denen die TA aus dem subkanten Venennetz abgehen und die Faszie durchbrechen, verteilen sich über das ganze Bein. Natürlicherweise treten sie dort vermehrt auf, wo die oberflächlichen Venen Hauptabflußbahnen bilden, also im Bereich der V. saphena magna und V. saphena parva. Die TA zweigen aber nicht nur von den Hauptstämmen ab, sondern auch von allen Nebenästen und Querverbindungen des ausgedehnten venösen Netzes. Das geschieht entweder so, daß die Anastomose aus einer oberflächlichen Vene nahezu rechtwinklig entspringt und durch die Faszie hindurch zur Tiefe zieht, oder aber, indem ein oberflächlicher Venenstamm selbst durch die Faszie ganz in der Tiefe verschwindet und in eine tiefe Vene einmündet. Nach Durchtritt durch die Faszie können die TA mehr oder weniger weit unter der Faszie verlaufen, treten dann aber am Unterschenkel auf ganz bestimmten Wegen, wie es die Muskelanordnung sowie Septen und Knochen vorschreiben, durch den Weichteilmantel hindurch, um zu den tiefen Venen zu gelangen. Auf diesem Wege nehmen sie Zuflüsse aus der Umgebung auf.

Soweit Grundsätzliches über die Lokalisation und besonders den Verlauf der TA gesagt werden kann, soll es für den Fuß und den Unterschenkel getrennt geschehen, da die anatomischen Unterschiede dieser Abschnitte ein unterschiedliches Verhalten der TA bedingen.

Die wesentlichen TA des gesamten Fußes — bis etwa in die Höhe des Knöchels — finden sich an den Fußrändern und auf dem Fußrücken. Das oberflächliche Venennetz geht an der Innen- und Außenseite des Fußes über in die Stämme der Vv. saphenae. Demgegenüber finden sich einmal unter der Planta pedis, in die Muskel und Faszien eingebettet, die Vv. plantares fib. et tib., die zum Anfangsteil der V. tibialis post. zusammenfließen, zum anderen auf dem Fuß ein „tiefes“ Venennetz, das dicht unter der Faszie und den Sehnen der langen Strecker liegt, und das über die V. dorsalis pedis und die V. perforans der V. fibularis abfließt.

Entsprechend diesen Verhältnissen können wir auch zwei Gruppen von TA herausstellen. Die einen ziehen, an den Fußrändern die Faszie durchbrechend, dicht an den Mittelfußknochen der Randstrahlen entlang durch die Ballenmuskulatur zu den Vv. plantares, bzw. weiter dorsal in die schon gebildete V. tibialis post. Diese TA sind oft, bedingt durch die geringe Eigenbewegung der Fußrandmuskulatur und das fehlende lockere Gleitgewebe, fest in sehnig-starres Bindegewebe „eingemauert“. MÜLLER bezeichnet sie treffend als die tiefen Wurzeln der Vv. saphenae. Auf dem dorsum pedis durchbrechen die TA der dorsalen Gruppe die Faszie, z. T. durch die Lücken zwischen den Schenkeln des lig. cruciforme und treten zwischen und unter die Sehnen der langen Strecker, um bald in das tiefe dorsale Venennetz zu münden. Sie sind meist — im Gegensatz zu den TA der Fußkanten — in lockeres Verschiebegewebe eingebettet. Mit großer Regelmäßigkeit findet sich vor und unter dem Malleolus tibialis eine TA zwischen V. saphena magna und V. dorsalis pedis.

Bemerkenswert sind am Fuß und in den Regiones malleolares posteriores — und damit unter der Achillessehne — bogenförmige TA, die sowohl in die oberflächliche als auch in die tiefe Vene in proximaler Richtung einmünden. In die Konvexität des Bogens wiederum münden weitere kleinere Venen (s. Abb. 4).

Am Fuß ergibt sich der charakteristische Befund, daß sich hier die TA nicht verdoppeln. Sie verlaufen auch ohne makroskopisch präparierbare Arterien.

Beiderseits am Calcaneus lassen sich Venen präparieren, die durch die Faszie treten und dann direkt in den Knochen zu verfolgen sind. Diese Vv. nutritiae leiten ihr Blut aus dem Knochen in das oberflächliche System.

Nach den vorliegenden Beobachtungen sind im Bereich des Fußes etwa fünf bis zwölf TA vorhanden.

Am Unterschenkel, — von den Knöcheln bis zum Knie gerechnet — ergeben sich andere Befunde. Ein sehr variables oberflächliches Venennetz bildet hier zwei Hauptabflußwege. Den einen stellt die V. saphena magna dar, welche oft genug sich selbst aufzweigend nur einen verstärkten Zug im Venennetz darstellt, den anderen die V. saphena parva, die oft in einer Fasienduplikatur verläuft. Die TA treten von diesem Netz ausgehend durch die Faszie und müssen dann den kräftigen Muskelmantel durchsetzen, um zu den tiefen Abflußvenen zu gelangen. Dies sind die V. tibialis ant. und post., die V. fibularis und gegebenenfalls die Vv. surales.

Durch den Muskelmantel treten die TA in charakteristischer Weise hindurch. Es empfiehlt sich, hier eine grundsätzliche Einteilung, wie LE DENTU sie schon angibt, zu treffen.

1. Direkte TA, die von der Oberfläche kommend auf möglichst kurzem Wege die drei tiefen Abflußvenen, die V. tibialis ant. und post. und V. fibularis erreichen.
2. Indirekte TA, die nach Durchbohrung der Faszie in die Muskulatur eindringen und in Muskelvenen münden, d. h. in größere Venen, die zunächst längs im Muskelfleisch selbst verlaufen und erst später die Hauptgefäße erreichen, wie z. B. die Vv. surales.

Meine Beobachtungen ergaben, daß die TA der ersten Gruppe regelmäßig entweder an den Septen der Muskeln oder dicht an den Knochen entlang ziehen oder aber in den Verschiebeschichten der einzelnen Muskelgruppen verlaufen.



Abb. 1. Tiefenanastomose zur V. fibularis. Der M. triceps surae ist entfernt. Vf Vasa fibularia; F Fibula, der hier entspringende M. flexor hallucis longus ist abgelöst, um die TA, die ihn durchbohrte, freizulegen; Sip Septum intermusculare post., das rechts von dem Saum der abgetrennten Faszie eruris begrenzt wird. Die TA verdoppelt sich auf halbem Wege und nimmt die Begleitarterie in die Mitte. Außerdem münden in der Mitte von unten kommend Venen aus den Mm. fibulares in die TA, während rechts davon die Fasziendurchtrittsstelle verdeckt wird von den Stümpfen abgeschnittener Gefäße aus dem M. triceps surae. Die Querstriche geben jeweils die Lage einer vorgefundenen Klappe an, die Pfeile die Richtung ihrer Durchgängigkeit. Länge der TA von der Faszie bis zur V. fibularis = 35 mm.

Wird dabei ein Muskel durchbohrt, so verläuft die TA dicht an dessen Ursprung, also ebenfalls nahe am Muskelseptum oder Knochen. Sehr oft verdoppeln sich die TA in ihrem Verlauf, jedoch nur im Bereiche der Muskulatur. Doppelläufige TA sind immer eng mit einer Arterie zusammengekoppelt, von der meist ein kleiner Ast am Fasziendurchtritt der Vene zur Oberfläche zieht. Auf dem Wege durch die Muskulatur werden Zuflüsse aus den Muskeln aufgenommen, die in ihrer Stärke variieren. Die Abbildungen 1 bis 3 zeigen Präparate von TA der ersten Gruppe.



Abb. 2. Tiefenanastomose zur V. tibialis post. Der M. triceps surae und die Fascia cruris prof. sind entfernt, man blickt auf den M. flexor digitorum longus. Links tritt die TA von unten kommend durch die Fascia cruris, verläuft dann subfaszial aufwärts, biegt um und gelangt (nun doppelt mit Arterie) auf dem M. flexor digitorum longus zur V. tibialis post. An der Umbiegungsstelle die Stümpfe abgetrennter Gefäße aus dem M. triceps surae. Länge unterhalb der Faszie = 40 mm. Klappendarstellung wie bei Abb. 1.

Es muß hier, auch hinsichtlich der späteren Klappenbefunde, erwähnt werden, daß ich grundsätzlich das gesamte venöse Verbindungsstück zwischen einer der oberflächlichen Venen und einer der drei tiefen Hauptvenen als TA bezeichne; auch dann, wenn ein Zufluß aus den umgebenden Muskeln so stark ist, daß man sagen könnte, hier münde die TA in das Endstück einer einen Muskel drainierenden Vene (s. Abb. 1). In den meisten Fällen sind die zufließenden Venen von wesentlich kleinerem Kaliber, so daß die TA bis zur tiefen Hauptvene als das primäre Gefäß anzusehen ist.

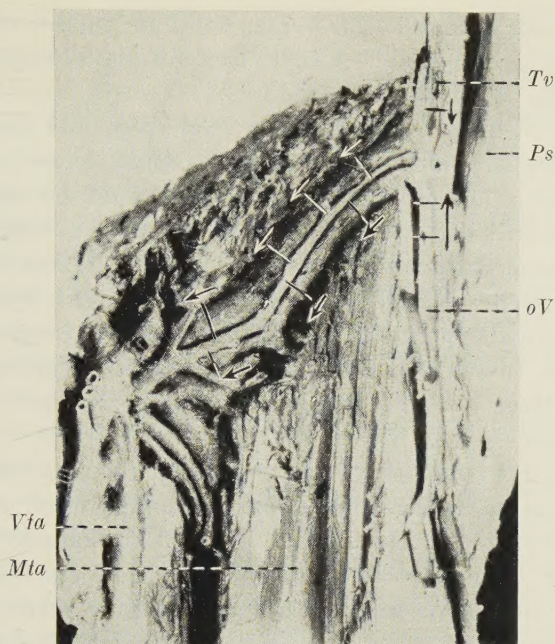


Abb. 3. Die Begleitvenen der Art. recurrens tibialis ant. als Tiefenanastomose. *Vta* V. tibialis ant.; *Mta* M. tibialis ant.; *Ps* Patellar-Sehne; *oV* oberflächliche Vene; *Tv* Tiefenverbindung zu dem subfaszialen Venennetz im Bereich der Patella und Patellarsehne. Die darüberliegende Faszie ist entfernt. Klappendarstellung wie bei Abb. 1.

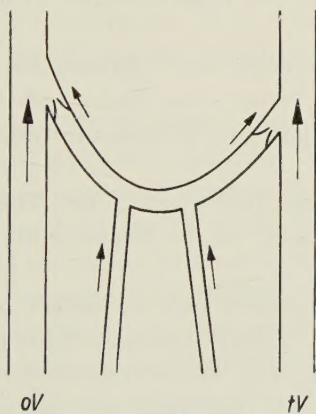


Abb. 4. Schematische Skizze einer bogenförmigen Anastomose zwischen einer oberflächlichen (*oV*) und einer tiefen Vene (*tV*) mit entgegengesetzter Klappenstellung vor den Einmündungen. Die Pfeile geben die Richtung des Blutstromes an.

Die TA der ersten Gruppe treten auf jeweils ganz bestimmten Wegen zu den drei Hauptvenen des Beines:

Zur V. tibialis ant. gelangen sie meist entlang dem Septum intermusculare fibulare ant. und der Fibula. Die Ursprünge des M. extensor digitorum longus

und des *M. extensor hallucis longus* werden dabei am *Septum* und an der *Fibula* durchbohrt. Seltener ziehen die TA direkt an der *Tibia* entlang und damit durch den Ursprung des *M. tibialis ant.* hindurch.

Die TA zur *V. tibialis post.* benutzen zwei Wege. Der erste führt um den tibialen Rand des *M. triceps surae* herum zur *Fascia cruris profunda*. Die TA durchbohren diese sofort oder nach kurzem Verlauf auf der Faszie (s. Abb. 12). Sie verlaufen also nach dem Eintritt in den Muskelmantel zwischen dem *M. triceps surae* und den tiefen Beugern oberhalb oder unterhalb der *Fascia cruris profunda* (s. Abb. 2). Der zweite Weg führt ebenfalls um den tibialen Rand des *M. triceps surae* herum, dann aber an der *Tibia* entlang durch den Ursprung des *M. flexor digitorum longus*. Diesen Weg benutzen vorzugsweise die proximalen TA dieser Region. Beide Wege sind die Hauptverbindungen zwischen dem Gebiet der *V. saphena magna* und der Tiefe.

An der fibularen Seite des Unterschenkels erreichen die TA die *V. fibularis*, indem sie am *Septum intermusculare post.* entlang zwischen den *Mm. fibulares* und dem *M. triceps surae* verlaufen und den *M. flexor hallucis longus* dicht am Ursprung an der *Fibula* durchbohren, wo dieser die *Vasa fibularia* überdeckt (s. Abb. 1). Nur einmal wurde eine TA zur *V. fibularis* präpariert, die entlang dem *Septum intermusculare ant.* verlief, die *Fibula* erreichte und nach Durchbohren der *Membrana interossea* in der *V. fibularis* mündete. Sie fand sich in der distalen Hälfte des Unterschenkels.

Eine gute schematische Skizze über die beschriebenen Wege der TA zu den drei tiefen Abflußvenen des Unterschenkels findet sich in einer Arbeit von LINTON.

Nach diesen Befunden ergibt sich folgende Lokalisation der TA:

1. TA zur *V. tibialis ant.* treten etwa dort durch die *Fascia superficialis* wo das *Septum intermusculare ant.* in diese einstrahlt, seltener im Bereich der *Crista ant. tibiae*.
2. Die TA zur *V. tibialis post.* finden sich in der Umgebung des tibialen Randes des *M. soleus*, an der Stelle, wo die *Fascia cruris prof.* in die oberflächliche Faszie einstrahlt.
3. Die TA zur *V. fibularis* häufen sich im Gebiet des fibularen *Soleusrandes*, seltener im Bereich des *Septum intermusculare ant.*

Bei dieser Gruppierung und Einordnung muß berücksichtigt werden, daß alle TA nach Durchtritt durch die Faszie erst noch ein Stück unter dieser verlaufen können, ehe sie zur Tiefe abbiegen (s. Abb. 2).

Bei der 2. Gruppe, den indirekten TA, ergeben die Befunde, daß sie praktisch nur auf dem Muskelbauch des *M. triceps surae* zu finden sind. Sie durchbohren die Faszie, verlaufen noch ein Stück zwischen Faszie und Muskel, um dann in diesen einzuziehen und in eine der kräftigen Muskelvenen zu münden. Etwas komplizierter werden die Verhältnisse im mittleren Bereich des Muskelbauches, also dort, wo die *V. saphena parva* normalerweise auf der Faszie verläuft, um

erst in der Regio poplitea selbst zur Tiefenanastomose zu werden. Auch von der *V. saphena parva* treten TA in den Muskel ein, gleichgültig, ob sie nun auf der Faszie verläuft oder aber, wie häufig, in eine Faszienduplikatur eingescheidet ist. Ist letzteres der Fall, dann treten scheinbare TA vom oberflächlichen Venennetz her in der Nähe der Mittellinie durch die Faszie, um in die eingescheidete *V. saphena parva* zu münden. Von dieser aus treten dann aber erst die schon erwähnten regulären TA durch das zweite Faszienblatt, um jetzt im Muskel zu verschwinden und in dessen Venen zu münden.

Nur vereinzelt konnten sehr kleine Venen präpariert werden, welche die Faszie durchbrechen und sich im weiteren Verlauf im *M. triceps surae* aufzweigen und auslaufen. Diese kleinen Venen münden also oberflächenwärts. Sie kommen vor allem im distalen Bereich des Muskels vor.

Ganz besondere Beachtung verdient eine Gruppe von Tiefenverbindungen, die sich im Bereiche des Knies neben der Patella und der Patellarsehne findet. Sie gelangen zu einem dort subfaszial liegenden venösen Netz, dessen Abfluß in die Begleitvenen der das Knie erreichenden Arterien erfolgt.

Die Gesamtzahl der TA liegt nach diesen Untersuchungen am Unterschenkel und Fuß zwischen 16 und 37 und schwankt individuell beträchtlich. Die Anzahl der zu jeder der drei Hauptvenen des Unterschenkels gelangenden TA liegt nach meinen Untersuchungen zwischen 2 und 6. MÜLLER kommt zu ähnlichen Werten.

Hinsichtlich der Stärke der TA ist eine exakte Angabe auf Grund von Leichenpräparaten kaum möglich. Die Schwankungsbreite ist nach meinen Untersuchungen auch hier beträchtlich. Es ist jedoch deutlich zu beobachten, daß die TA im Bereiche der *V. saphena magna* und *parva* am kräftigsten ausgebildet sind.

Meine topographischen Befunde decken sich im wesentlichen mit denen anderer Autoren (MÜLLER, SHERMAN, LINTON). SHERMAN geht allerdings so weit, die Lokalisation der TA, die er als ziemlich konstant ansieht, in Meßwerten von der Fußsohle aus anzugeben; die TA an der Innenseite des Unterschenkels im Bereich der *V. saphena magna* numeriert er von 1 bis 6. Den Untersuchungen SHERMANS liegt ein sehr umfangreiches chirurgisches Material zugrunde, demgegenüber meines nicht ausreicht, um gleichwertige Aussagen zu machen. Es ist denkbar, daß für die chirurgische Praxis solche schematisierenden Angaben und Numerierungen vielleicht zweckmäßig sind. Als anatomischer Tatbestand sind sie in dieser Form sicher zu formelhaft, da ich mich von der großen Variabilität dieses ganzen venösen Systems schon an meiner relativ geringen Zahl von Präparaten überzeugen konnte.

Wir konnten zeigen, daß sich die direkten TA am Unterschenkel, die ja quer durch die Muskulatur hindurchtreten müssen, in ihrem Verlauf immer dicht an das Skelett und den Bandapparat des Beines halten. Durch diese Anordnung werden sie vor Zerrungen bei der Muskeltätigkeit praktisch geschützt.

Die in den *M. triceps surae* eintretenden TA, die eine Muskelverschiebung gegenüber der oberflächlichen Faszie bei Kontraktion mitmachen müssen, laufen, wie wir sahen, erst ein Stück in der Verschiebeschicht zwischen Muskel und Faszie (s. Abb. 9) und verfügen somit über eine Reservelänge, die eine Abscherung der Vene bei Muskeltätigkeit, und dem damit verbundenen Verschieben von Faszie und Muskel gegeneinander, verhindert.

B. Die Fasiendurchtrittsstellen

Es erschien mir notwendig, die morphologische Beschaffenheit der Fasiendurchtrittsstellen zu untersuchen, da jede TA in ihrem Verlauf mindestens einmal durch ein Faszienblatt hindurchtritt und hier durch die Art des Venen-einbaues Verhältnisse geschaffen sein können, die für den Blutstrom in den TA und deren Funktion von Bedeutung sind.

Je nach Zugbeanspruchung der Faszie an den verschiedenen Punkten des Beines sind ihre Faserzüge entweder parallel angeordnet (s. Abb. 7), oder aber sie überkreuzen sich in mehreren Lagen und bilden eine Art Gitterwerk. Tritt eine TA durch die Faszie hindurch, dann bildet sich die Öffnung in der Weise, daß die Faserzüge nicht unterbrochen werden, sondern lediglich auseinanderweichen, vergleichbar dem Vorgang, wenn ein spitzer Gegenstand zwischen

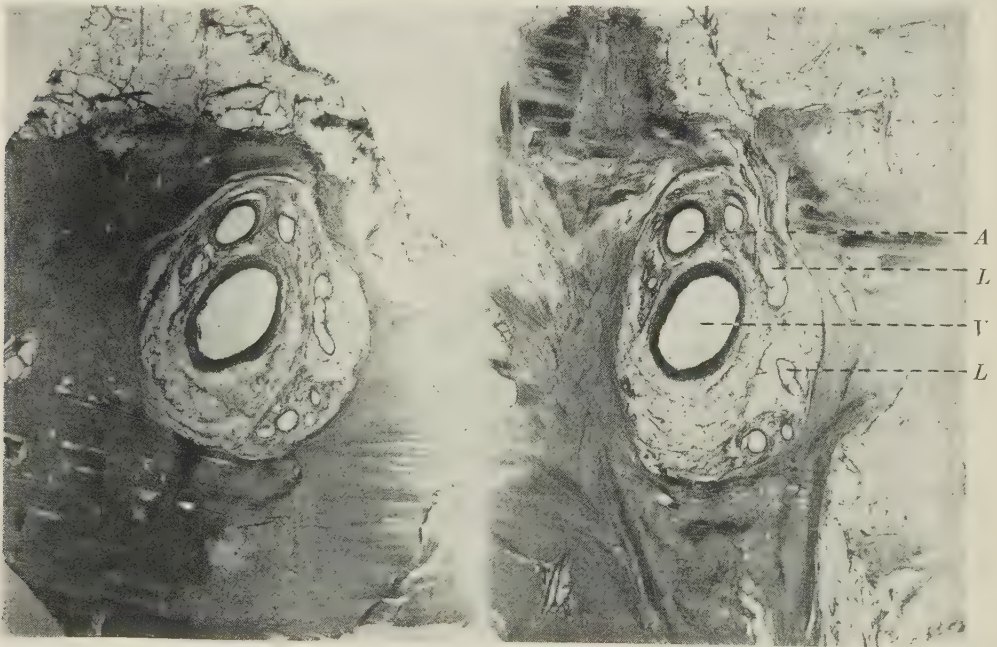


Abb. 5. Zwei Schnitte flach zur Faszie durch ein Loch als Durchtrittsöffnung einer TA. Der Faserverlauf in der Faszie ist gut zu erkennen, ebenso das Fett-Bindegewebe durch das die Gefäße fixiert sind. V Vene; A Arterie; L Lymphgefäße.

die Fäden eines groben Gewebes geschoben wird und dabei ein Loch in das Gewebe hineindrängt.

Die Ecken dieses so gebildeten Loches sind durch Verspannungszüge abgerundet, so daß eine mit einem festen Rand versehene abgerundete Öffnung entsteht (s. Abb. 5).

Die makroskopische Präparation ergibt drei Gruppen von Faszienöffnungen, die ich als Loch, Trichter und Schlitz bezeichne. Sie unterscheiden sich folgendermaßen:

1. Das Loch ist die am häufigsten anzutreffende Art der Faszienöffnung. Die sich kreuzenden Faserzüge bilden, wie beschrieben ein durch Verspannungsfasern abgerundetes Loch (Abb. 5), durch das die TA meist steil hindurchtritt. Diese Faszienlöcher sind durch die sich kreuzenden und verflechtenden Fasern in sich so fest, daß bei Spannung der Faszie eine Formänderung, Verengung oder Erweiterung der Öffnung nicht möglich ist. (Typ: Foramen venea cavae.)
2. Der Trichter (s. Abb. 6 u. 12) findet sich als Öffnungskonstruktion dort wo die oberflächliche Faszie mit einem Muskelseptum in Verbindung steht. Die Öffnung in der oberflächlichen Faszie läuft dabei trichterartig an dem Septum entlang zur Tiefe hin aus, wobei der sich bildende Trichter aber nicht in die Gefäßscheide der hindurchtretenden Gefäße (die TA und evtl. Arterie und Lymphgefäße) übergeht, sondern ebenfalls scharfrandig aufhört. Es leuchtet ein, daß auch bei dieser Konstruktion ein Zug auf die Faszie keine Formveränderung der Öffnung herbeiführen wird.
3. Der Schlitz (s. Abb. 7) ist eine seltenere Form der Durchtrittsöffnung, die nur bei parallel angeordneten Faserzügen der Faszie und bei ganz flach hindurchtretenden Venen angetroffen wird. Vorzugsweise ist dies über den kräftigen Bäuchen des M. gastrocnemius der Fall. Die Vene tritt flach durch eine schlitzförmige Öffnung der parallelen Faserzüge, wobei die beiden Ränder des Schlitzes senkrecht zur Faszienebene auseinanderweichen. Ist die Faszie schlaff, so erweitert die gefüllte Vene den Schlitz. Wird sie aber gespannt, dann verengert sich der Schlitz, und die TA wird komprimiert. Nach Durchtritt durch einen Schlitz verläuft die TA auffälligerweise noch ein Stück flach unter der Faszie weiter, ehe sie in den Muskel einzieht.

Es wäre von Bedeutung, festzustellen, wie sich die Weite der Faszienöffnung zum Kaliber der durchtretenden Vene verhält. Da ich bei meinen Präparaten nur fixiertes Material zur Verfügung hatte, kann ich leider keine Werte angeben, die den Verhältnissen in vivo gerecht werden. Ich glaube aber sagen zu können, daß unter normalen Verhältnissen reichlich Platz für die durchtretenden Gefäße vorhanden ist, da die Öffnung — mit Ausnahme des Schlitzes — meist groß waren. Zwischen Venenwand und Lochrand liegt stets genügend Polsterfett und Bindegewebe. Ich glaube allerdings auch, und die Chirurgen bestätigen es aus der praktischen Erfahrung (PIRNER), daß stark varikös er-

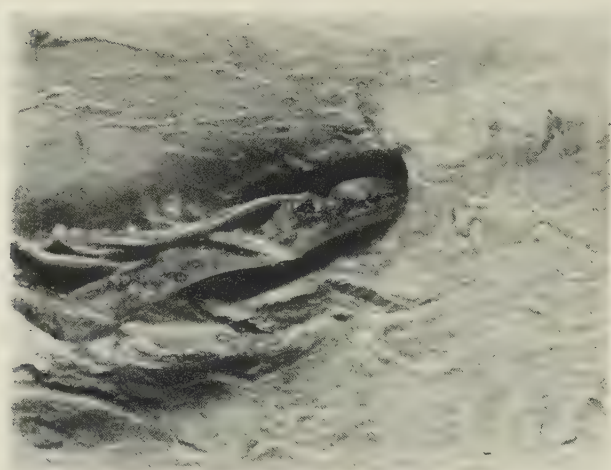


Abb. 6. Aufsicht auf einen Trichter als Öffnungskonstruktion. Zur besseren Darstellung sind die Gefäße zusammengelegt, das Bindegewebe ist entfernt.



Abb. 7. Durchtritt der in Abb. 9 schematisch dargestellten TA durch einen Schlitz in der Faszie, deren parallel angeordneten Faserzüge gut zu erkennen sind. Im Schlitz vor der Vene der abgetrennte Stumpf einer kleinen Arterie.

weiterte TA diese Öffnung voll ausfüllen und dann sogar eingeschnürt werden können. Was ich aber sicher feststellen konnte, war die Tatsache, daß die TA an den Fasiendurchtrittsstellen mit der Faszie selbst durch keine auffälligen oder charakteristischen Gewebsstrukturen im Sinne einer Verspannung oder Verankerung verbunden sind, wie sie etwa am Hals zur Lüftung der Venen beschrieben werden (MERKEL 1891, EISLER 1912, v. LANZ 1955). Das subcutane, zwischen Haut und Faszie liegende Bindegewebe zieht mit der TA, diese wie ein Polster umschließend, durch die Faszienöffnung hindurch. Diesen Einbau der TA in die Faszienöffnung halte ich aber für ausreichend, ein Kollabieren der Vene zu verhindern.

Einen interessanten Befund konnte ich allerdings bei einer ganz flach, also wohl durch einen Schlitz tretenden TA erheben. Im histologischen Schnitt ergab sich eine eigenartige dünne Verbindung des oben aufliegenden Faszienteiles mit der Venenwand, wie aus Abb. 8 zu ersehen ist. Diese Fixierung der

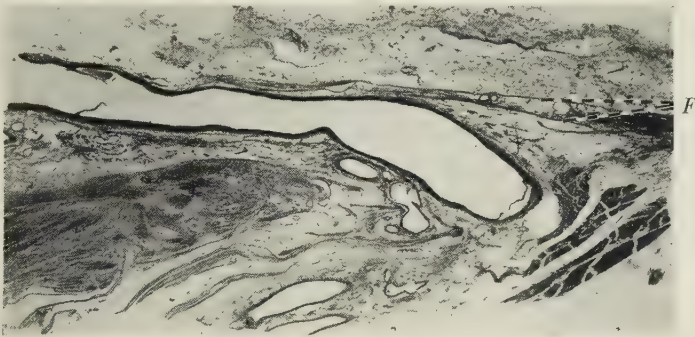


Abb. 8. Schnitt senkrecht zur Faszie bei einer flach durchtretenden TA. Man erkennt die Faserzüge (*F*), die von der Faszie zur Vene ziehen.

Venenwand einer TA beim Durchtritt durch den selteneren Schlitz wird in Zusammenhang zu bringen sein mit der Funktion der TA, wie ich sie später noch beschreiben werde.

Zusammenfassend darf ich zunächst einmal sagen, daß der Blutstrom durch die TA unter normalen Verhältnissen an den Fasiendurchtrittsstellen nicht behindert ist, und von Seiten der Faszie auf die TA — mit Ausnahme beim Schlitz — keine mechanische Wirkung ausgeübt wird.

C Die Klappenverhältnisse

Die Befunde bezüglich der in den TA anzutreffenden Klappen gebe ich zweckmäßigerweise wieder getrennt nach Fuß und Unterschenkel an. Sie beziehen sich auf ihre Stellung — von der die Richtung des Blutstromes in den TA abhängig ist — auf ihre Lage innerhalb der TA, sowie auf ihre Anzahl.

Betrachten wir die Verhältnisse am Fuß einschließlich Knöchel, so ergaben meine Untersuchungen, daß von insgesamt 35 präparierten Verbindungen

zwischen oberflächlichem und tiefem — subfaszialem — Venennetz 22 (63 %) ohne jede Klappe und 13 (37 %) mit Klappen besetzt waren. Bei genauerer Betrachtung der klappenführenden TA am Fuß zeigte es sich, daß in einer einzelnen Tiefenverbindung immer nur eine, höchstens zwei Klappen anzutreffen waren, und diese konnten sowohl in dem Teil der TA oberflächlich zur Faszie als auch unter ihr liegen. Bemerkenswert ist die Stellung der Klappen. In den 13 klappenführenden TA am Fuß waren diese in 6 Fällen zur Tiefe hin gestellt, in 5 Fällen zur Oberfläche und bei zweien war jeweils am Anfang und am Ende der TA eine Klappe zu finden, die aber entgegengesetzt gestellt waren, d. h. die eine zur Oberfläche, die andere zur Tiefe hin. Diese letztgenannten TA sind die schon oben als bogenförmig beschriebenen, in die jeweils noch Zuflüsse einmünden (s. Abb. 4).

Ich darf auf Grund dieser Befunde sagen, daß am Fuß das Blut durch die Verbindungsvenen — Tiefenanastomosen — zwischen oberflächlichem und tiefem subfaszialem Venensystem im ganzen gesehen in beiden Richtungen fließen kann, d. h. es kann von einem zum anderen System hinüberfließen. Das bedeutet: Der Abfluß des Blutes am Fuß erfolgt — gewissermaßen gleichberechtigt — einmal mehr durch die oberflächlichen, oder mehr durch die tiefen Venen, sicher in Abhängigkeit von den gerade herrschenden und auch gewiß oft wechselnden Druckverhältnissen, die sich in den beiden angeschlossenen Venensystemen des Unterschenkels bei Ruhe, Muskularbeit, im Liegen, Stehen usw. ergeben.

Am Unterschenkel sind die Befunde ganz andere und entgegengesetzte. Als besonders charakteristisch muß gleich hervorgehoben werden, daß nach meinen Untersuchungen hier ausnahmslos in allen TA, die den Muskelmantel durchsetzen, Klappen vorhanden sind, auch in den kleinsten. Ohne Ausnahme sind sie von der Oberfläche zur Tiefe hin gestellt. Unter normalen Verhältnissen ist ein Blutfluß darum nur zur Tiefe hin möglich. Die Befunde von PIRNER und anderen früheren Autoren kann ich in dieser Hinsicht also voll bestätigen.

Die Zahl der Klappen in den einzelnen TA war nach meinen Befunden auffällig groß, vor allem wenn man berücksichtigt, daß die TA meist relativ kurz sind. So konnten in einer TA z. B. 8 Klappen bei einer Gefäßlänge von nur 6,3 cm gefunden werden; öfter waren 3 und 4 Klappen hintereinander in völlig zuflußfreien Strecken vorhanden.

Ehe ich die Verhältnisse durch Zahlenangaben belege, soll noch einmal erwähnt werden, daß ich die einzelnen TA rechne von ihrem Abgang aus dem oberflächlichen Venennetz bis zur Einmündung in die tiefen Längsvenen (V. tibi-*alis ant. und post.* und V. *fibularis* bei den direkten, bzw. die Vv. *surales* im M. *triceps* bei den indirekten TA). Wenn sich eine TA verdoppelte, zählte ich natürlich nur die Klappen eines Schenkels, wobei zu bemerken ist, daß die Klappenzahl in zwei nebeneinanderliegenden Schenkeln nur selten differierte und dann nicht mehr als um eine Klappe. Bei 38 am Unterschenkel präparierten TA verteilt sich die Zahl der Klappen folgendermaßen:

Tiefenanastomosen mit 1 Klappe	= 4; insgesamt = 4 Klappen
Tiefenanastomosen mit 2 Klappen	= 7; insgesamt = 14 Klappen
Tiefenanastomosen mit 3 Klappen	= 10; insgesamt = 30 Klappen
Tiefenanastomosen mit 4 Klappen	= 10; insgesamt = 40 Klappen
Tiefenanastomosen mit 5 Klappen	= 3; insgesamt = 15 Klappen
Tiefenanastomosen mit 6 Klappen	= 3; insgesamt = 18 Klappen
Tiefenanastomosen mit 7 Klappen	= 0; insgesamt = 0 Klappen
Tiefenanastomosen mit 8 Klappen	= 1; insgesamt = 8 Klappen
	38 TA 129 Klappen

Das ergibt also eine durchschnittliche Klappenanzahl von $129:38 = 3,4$ je TA.

Bezüglich der Lage der Klappen ist festzustellen, daß sie auffälligerweise, wie schon MÜLLER und PIRNER erwähnen, alle in dem Teil der TA zu finden sind, der nach Durchtritt durch die Faszie zwischen den Muskeln verläuft. Immer ist der Teil außerhalb der Faszie klappenfrei. Meist findet sich die erste Klappe in Höhe des Fasziendurchtrittes. Konstant liegt die letzte vor der Einmündung in die tiefe Hauptvene. Zwischen diesen Klappen liegen dann gegebenenfalls die übrigen. Immer sind sie so angeordnet, daß bei Einmündung von Muskelvenen in die TA ein Rückfluß des Blutes zur Oberfläche in jedem Fall verhindert wird.

Der Abstand der Klappen voneinander ist in den TA oft auffallend gering und betrug in einzelnen Fällen nicht mehr als 3 mm (s. Abb. 10). Die Ermittlung eines durchschnittlichen Wertes nahm ich folgendermaßen vor: Die jeweilige Länge des klappenführenden Stückes der TA wurde gemessen, also das Stück zwischen Faszie und tiefer Vene. Da die erste Klappe hin und wieder dicht über der Faszie zu finden war, zählte ich zur Vermeidung größerer Fehler zu jedem Wert 5 mm hinzu. Die so erhaltenen Werte (Faszie bis tiefe Vene + 5 mm) aller TA eines Unterschenkels wurden addiert und die Summe durch die Gesamtzahl der Klappen aller TA dividiert. Bei drei so untersuchten Unterschenkeln mit 16, 9 und 8 TA ergab das einen durchschnittlichen Klappenabstand in dem klappenbesetzten Teil der TA von 10,2, 9,0 und 10,3 mm.

Diese Werte erhalten eine besondere Bedeutung, wenn wir sie mit dem durchschnittlichen Abstand der Klappen in den anderen Venen des Unterschenkels vergleichen. Ich verwende dazu die Angaben BARDELEBENS. Teilt man die angegebenen Längen der von ihm untersuchten Venen durch die Zahl ihrer Klappen, so ergeben sich Werte, die für die V. tibialis ant. und post. und die V. fibularis zwischen 18 und 27 mm, für die V. saphena magna und parva dagegen zwischen 39 und 95 mm liegen.

Eine interessante Ausnahme am Unterschenkel bezüglich ihrer Klappenstellung machen die beschriebenen Tiefenverbindungen, die am Knie dicht seitlich der Patella und Patellarsehne durch die Faszie hindurch treten. Sie haben, wie wir sahen, mit einem unter der Faszie liegenden Venennetz Verbindung,

das seinerseits mit den Venen der Kniearterien kommuniziert und als solches das Blut der Gelenkregion ableitet. Die hier zu findenden TA nun enthalten Klappen, die regelmäßig zur Oberfläche hin gestellt sind, oder aber gelegentlich ganz fehlen. Das bedeutet, daß das Blut der Regio articularis genus vorn auf

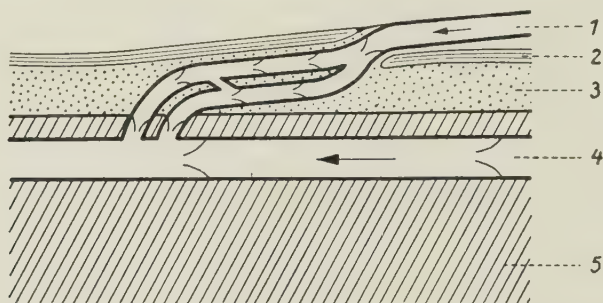


Abb. 9. Schematische Wiedergabe einer TA zu einer Muskelvene des M. triceps surae. Die TA (1) tritt durch die Faszie (2) und verläuft in dem Zwischenraum (3) zwischen Faszie und Muskel (5) zur Muskelvene (4). Die Klappen sind in ihrer Lage und Stellung eingezeichnet. Die Länge der TA zwischen Faszie und Muskelvene betrug 30 mm.

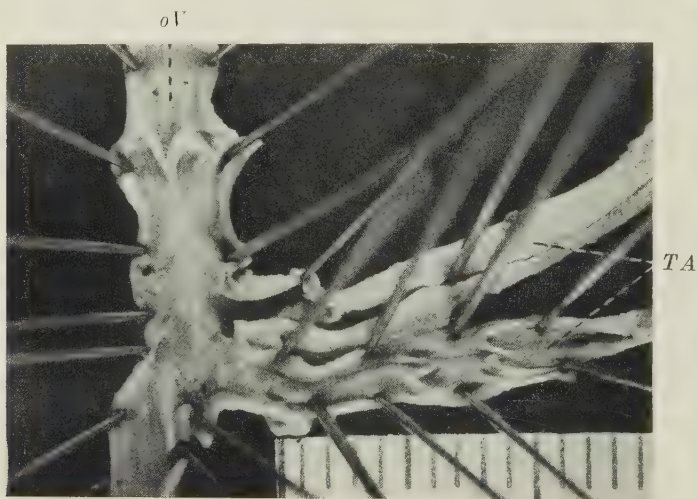


Abb. 10. Klappenbefund in einer oberflächlichen Vene (oV) am Abgang einer doppelt angelegten Tiefenanastomose (TA). Die obere und untere Klappe sind entgegengesetzt, beide zur TA hin gestellt. Die Tasche der unteren riß bei der Präparation ab. In der TA zwei Klappen im Abstand von 3 mm.

zwei Wegen abgeleitet werden kann: in die Tiefe durch die Begleitvenen der Kniearterien, oder aber durch die TA in das oberflächliche Venennetz, jeweils dem Druckgefälle entsprechend. Bei einer eventuell auftretenden Saugwirkung durch Bewegungen des Kniegelenkes kann dagegen kein Blut von der Oberfläche her in die subfascialen Venen der Regio articularis genus hineingesaugt

werden und damit ist immer eine gute Drainage des Kniegelenkes gesichert. In Abb. 9 gebe ich den Verlauf und vor allem den Klappenbefund einer TA schematisch wieder, deren Durchtritt durch einen Schlitz in der Faszie ich bereits in Abb. 7 zeigte.

Meine Ergebnisse über die Klappenverhältnisse bestätigen in wesentlichen Punkten die von PIRNER gemachten Angaben (Stellung, Anordnung und Lage). Wenn ein Unterschied hinsichtlich der Klappenanzahl insofern festzustellen ist, als PIRNER häufiger TA mit nur einer Klappe angibt, so glaube ich, den Grund darin suchen zu können, daß er die TA vermutlich nicht jedesmal bis zu den Hauptvenen rechnete (V. tibialis ant. und post. und V. fibularis), sondern nur bis zu der Stelle, wo eine größere „tiefe“ Muskelvene einmündet, wie z. B. in Abb. 1 zu sehen ist.

Funktionelle Auswertung der Befunde

Die TA verbinden, wie ich dargestellt habe, das oberflächliche meist in subcutanes Fettgewebe und das tiefe, in die Muskulatur eingebettete Venensystem. Die Abflußverhältnisse in den beiden venösen Systemen dürften sehr unterschiedlich sein. In den oberflächlichen Venen fließt das Blut, durch äußere mechanische Einwirkungen wohl kaum beeinflusst, entsprechend dem natürlichen Druckgefälle zwischen Peripherie und Herz ab, wobei bei aufrechter Haltung der hydrostatische Druck der Blutsäule entgegen dem Druckgefälle wirksam wird. Allenfalls können noch Saugvorgänge fördernd wirken, die nach MÜLLER bei Bewegung der Gelenke an verschiedenen Stellen wirksam werden sollen (Hüft-, Knie- und Sprunggelenk). Die immer herzwärts gestellten Klappen verhindern normalerweise einen Rückstrom des Blutes.

Anders dagegen bei den tiefen Venen, die zusammen mit den Arterien verlaufen. Neben dem natürlichen Druckgefälle kann hier bei Muskelruhe die pumpende Wirkung der arterio-venösen Kopplung, wie v. LANZ und Mitarbeiter sie beschreiben, bei der Weiterbeförderung des Blutes mithelfen. Im Bereiche des Fußes können sich die rhythmischen Druckwellen dabei, nach dem v. LANZschen Schema, auch auf die oberflächlichen Venen übertragen, da ja die TA im wesentlichen auch gegen das oberflächliche System durchgängig sind. Am bemuskelten Unterschenkel dagegen konnte festgestellt werden, daß die TA nur zur Tiefe durchgängig, oft aber verdoppelt und mit Arterien gekoppelt sind. Wird also das Blut im tiefen System durch die arterio-venöse Kopplung herzwärts gepumpt, dann geschieht das gleiche in den gekoppelten TA des Unterschenkels zur Tiefe hin, und das Blut muß aus dem oberflächlichen System dorthin nachfließen.

Noch wirksamer wird der aktive Pumpvorgang im tiefen venösen System bei Muskeltätigkeit: Im Fuß wird das Blut vor allem beim Gehen unter rhythmischen Druck gesetzt und in den tiefen Venen mit Hilfe der Klappen herzwärts befördert; gleichzeitig kann es aber auch in die oberflächlichen Venen am Fußrand und auf dem Fußrücken abfließen. Das gesamte Blut des Fußes fließt

durch die TA ermöglicht, indem es dem jeweils gegebenen Druckgefälle folgt, mehr oberflächlich oder tief weiter in die entsprechenden Systeme des Unterschenkels. Daß die beiden Systeme am Fuß „gleichberechtigt“ sind, zeigen sehr schön die in Abb. 4 schematisch dargestellten TA, an deren Ende die Klappen entgegengesetzt gestellt sind, und somit das Blut je nachdem zur Oberfläche oder zur Tiefe abfließen kann.

Am Unterschenkel unterliegen bei Muskeltätigkeit alle tiefen Venen sowie die unterhalb der Faszie liegenden, klappenführenden Teile der TA dem kräftigen Einfluß der arbeitenden Muskulatur, in die sie ja eingebettet sind. Es unterliegt keinem Zweifel, daß das Blut der tiefen Venen dabei kräftig herzwärts befördert wird (in den TA zunächst von der Oberfläche zur Tiefe). Die eine Voraussetzung dafür sind die vorhandenen, herzwärts (in den TA zur Tiefe) gestellten Klappen; die andere der ständig erfolgende Druckwechsel in den Venen, hervorgerufen durch die Kontraktionen der Muskulatur. Dabei ist es bei dieser Betrachtung zunächst nicht entscheidend, ob bei Kontraktion der Muskeln eine Kompression der Venen mit Beförderung des Blutes erfolgt (TIGERSTEDT, FLEISCH, MEIER-GOLLWITZER — zitiert nach W. SCHULZE), oder eine Erweiterung im Sinne einer Lüftung mit jeweiligem Ansaugen des distalen Blutes (A. MÜLLER, MAGNUS, W. SCHULZE). Denkbare und ökonomisch einleuchtend wäre folgende Kombination beider Vorgänge: Bei ihrer Kontraktion nehmen natürlicherweise die einzelnen Muskeln an Umfang zu und runden sich ab. Venen, die dabei im Zwickel zwischen den Muskeln und längs zu ihnen verlaufen (z. B.: V. tibialis ant., V. tibialis post., V. fibularis) werden erweitert durch das sich Abrunden der Muskeln (Lüftung). Venen, die quer zu den Muskeln verlaufen (Tiefenanastomosen!), werden komprimiert durch die Zunahme des Muskelumfanges. Während einer Kontraktion würde also das Blut aus den „querverlaufenden“, komprimierten Venen in die im gleichen Augenblick erweiterten „längsverlaufenden“ Venen gedrückt bzw. gleichzeitig gesogen.

Das Blut des passiven, oberflächlichen Venennetzes wird über die TA zur Tiefe hin nachfließen. Damit ist bei aufrechter Haltung unter physiologischen Verhältnissen die Entleerung dieser Venen gesichert, da im Stehen ein Abfluß über die V. saphena magna nicht erfolgt. Dieses ersieht man deutlich aus den Versuchen von MAGNUS. Sie bestätigen bei Klappeninsuffizienz der V. saphena magna einen sog. „privaten Kreislauf“. Das heißt es fließt im Stehen das Blut in der V. saphena magna rückwärts in Richtung Herz-Peripherie und dann über die TA und die tiefen Venen wieder herzwärts.

Einen guten Hinweis darauf, daß das Blut des oberflächlichen Systems zu einem nicht unwesentlichen Teil durch die TA zur Tiefe abgeleitet wird, ergibt die in Abb. 10 wiedergegebene Klappensituation am Abgang einer TA aus einer in Längsrichtung am Bein verlaufenden Vene. Die in der oberflächlichen Vene entgegengesetzt gestellten Klappen beweisen, daß das Blut von distal und proximal zur der TA hingeleitet wird und sicher in dieser Richtung fließt.

Ich bin darüber hinaus geneigt anzunehmen, daß in den TA eine maximal ausgenützte Pumpwirkung erzielt werden kann. Erinnern wir uns, daß die TA quer zu den einzelnen Muskeln verlaufen, und damit bei deren Kontraktion besonders gut komprimiert werden können, zumal gegen die noch häufig festen Unterlagen (Knochen und Septen). Hinzu kommt die auffallend hohe Klappenanzahl und deren dichte Anordnung. Dadurch kann der Pumpeffekt stark gefördert werden: Wird nämlich die TA nur teilweise komprimiert (da sie an mehreren Muskeln entlangzieht, ist das bei deren Einzelkontraktion ja möglich), so wird der auf das Blut ausgeübte Druck „kurz“ aufgefangen, weil die Klappen relativ dicht stehen. Es liegt zwischen dem komprimierten Teil der Vene und der nächsten Klappe, die den Rückfluß verhindern soll, kein größeres, nicht komprimiertes und damit evtl. nachgebendes und die Druckwelle abfangendes Stück Vene.

Wenn ich in Abb. 9 noch den Befund einer durch einen Schlitz tretenden TA wiedergebe, so dürfte auch hierin dieser Anordnung eine Bestätigung für eine Pumpwirkung in der TA zu finden sein. Eine so dichte und zahlreiche Klappenanordnung wird kaum nur eine Rückflußsicherung bedeuten. Spannt und verdickt sich der Muskel unter der Faszie bei Kontraktion, so wird die TA zwischen Faszie und Muskel komprimiert werden, ganz besonders in Höhe des Schlitzes, da dieser sich ja bei Spannung der Faszie verengt. Mit Hilfe der durch die Klappen an jeder Stelle wirksam werdenden Rückflußsicherung wird eine maximale Ausnützung jeder Kompression der Vene zur Weiterbeförderung des Blutes gegeben sein, d. h. das Blut wird zur Tiefe ab und von der Oberfläche her nachfließen. Der Schlitz in der Faszie wird dabei als zusätzlicher Faktor wirksam. Die eigenartige Verspannung, wie wir sie in Abb. 8 beschrieben haben, mag dabei ein Herausgleiten der Vene aus dem Schlitz verhindern.

Die zur Tiefe gestellte Anordnung der Klappen in den TA erscheint sinnvoll: Wären die TA in beiden Richtungen durchgängig, dann würde sich der Druck und damit auch das Blut aus der Tiefe des Beines bei Muskelkontraktion immer auch in das schlaaffe, nachgiebige oberflächliche Venennetz ausbreiten. Das Blut würde dort seine Bewegungsenergie verlieren und gewissermaßen versacken, weil ja mechanisch auf diese Venen nicht komprimierend eingewirkt wird, im Stehen der hydrostatische Druck sogar noch entgegenwirkt.

Die Situation in der Regio articularis genus, wo TA neben Patella und Patellarsehne auf Grund ihrer Klappenstellung das Blut zur Oberfläche leiten können, spricht nicht gegen das eben Gesagte. Das unter Patella und Patellarsehne liegende venöse Netz ist nicht zwischen Muskulatur eingebettet und wird also nicht in dem Maße rhythmisch unter Druck gesetzt. Durch die Klappenstellung in seinen TA hat es lediglich zusätzliche Abflußmöglichkeiten zur Oberfläche. Andererseits ist es geschützt vor einem venösen Zustrom von dort her.

Zusammenfassend möchte ich noch einmal sagen: In Ruhe, z. B. im Liegen wird das Blut des Beines im wesentlichen gleichmäßig durch das oberflächliche, subcutane und das tiefe, in die Muskulatur eingeschlossene Venensystem ent-

sprechend dem Druckgefälle Peripherie-Herz abfließen. Bei Muskeltätigkeit aber wird der Abfluß des Blutes praktisch nur im tiefen System einschließlich den subfaszialen Teilen der TA aktiv gefördert und dabei auch das oberflächliche System zur Tiefe hin mitentleert. Daß dies der Fall ist, und dabei wohl die TA in Form einer „Anastomosenspumpe“ wirksam werden, bestätigen die Versuche SEIROS: Eine Injektionsnadel wurde beim stehenden Patienten an beliebiger Stelle am Unterschenkel in eine subcutane Vene eingestochen und dann mit einem Flüssigkeitsmanometer verbunden. Der Flüssigkeitsspiegel (Wasser) stellte sich nach kurzer Zeit bei allen Personen auf Herzhöhe ein. Ließ SEIRO dann die Patienten weiche, gehende Bewegungen mit den Beinen ausführen, so konnte er sie auf Grund der Befunde in zwei Gruppen einteilen:

1. Der Flüssigkeitsspiegel sank bei diesen Patienten rasch, oft bis unter die Leistenbeuge.
2. Der Flüssigkeitsspiegel sank nur sehr langsam und wenig.

Wurde bei den Patienten beider Gruppen die V. saphena magna unterhalb ihrer Einmündung in die V. femoralis mit der Hand komprimiert, so änderte sich bei Gruppe 1 nichts, bei Gruppe 2 dagegen sank der Flüssigkeitsspiegel dann ebenfalls rasch und tief. Bei den Patienten der Gruppe 1 waren die Venen normal und der Trendelenburg-Test größtenteils negativ. Dagegen hatten die Patienten der 2. Gruppe fast alle Krampfaderbeschwerden und immer einen positiven Trendelenburg, d. h. bei ihnen konnte in die V. saphena magna Blut rückläufig einströmen, wenn sie nicht komprimiert wurde (Privatkreislauf). Dieser Vorgang verhinderte dann bei dem Versuch einen stärkeren Druckabfall.

Bei einzelnen Patienten sank der Flüssigkeitsspiegel bei Muskeltätigkeit und komprimierter V. saphena magna, um dann aber bei Kontraktion und Entspannung der Muskulatur rhythmisch jeweils größere Sprünge am Manometer erkennen zu lassen. SEIRO deutet dies als einen Hinweis auf vorhandene insuffiziente TA, aus denen das Blut rückläufig also zur Oberfläche rhythmisch ausgepreßt wurde.

Daß auch bei Muskelruhe ein Teil des Blutes zur Tiefe abfließt, zeigen die phlebographischen Befunde vieler Autoren. HALSE (1952) stellte mit oberflächlich am Fuß injiziertem Perabrodil (60 %) an gesunden und varikösen Beinen Untersuchungen an. Die tiefen Venen stellten sich dabei an gesunden Beinen sehr schnell und gut dar, bei varikösen aber verzögerte sich der Vorgang beträchtlich.

Ich möchte noch darauf hinweisen, daß die oft dichte Stellung der Klappen in den TA, wobei ein Abstand von 3 mm durchaus vorkommt (s. Abb. 10), auch als ein Gegenargument gegen das Klappendistanzgesetz BARDEBELENS gewertet werden muß. Er geht bei seinen Ausführungen von Grunddistanzen, d. h. kleinsten möglichen Abständen von ca. 7 mm am Bein aus.

Zum Abschluß beschreibe ich noch einen im Hinblick auf das Varizenproblem interessanten Fall: Bei der Präparation des oberflächlichen Venennetzes

eines Beines fiel eine TA auf, die genau von ihrem Abgang aus der oberflächlichen Vene an varikös geschlängelt verlief (s. Abb. 11). Bei der weiteren Präparation ergab sich ein Verlauf, wie ihn Abb. 12 zeigt, mit Einmündung in die V. tibialis post. bei vorheriger Aufnahme einer stärkeren Muskelvene aus dem M. triceps surae. Die herausgetrennte TA zeigte nun, daß die variköse Veränderung und

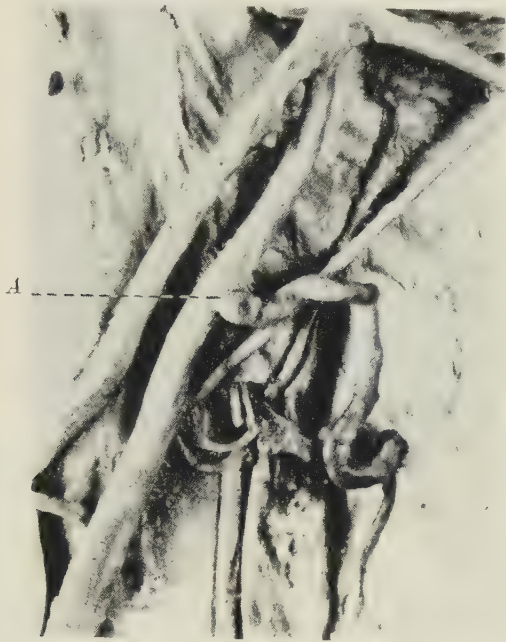


Abb. 11. Der über der Faszie liegende Teil einer TA, die als Sonderbefund beschrieben wird. Die variköse Schlängelung ist deutlich zu erkennen. Vor dem Faziendurchtritt kleine venöse Zuflüsse sowie die Aufzweigungen der austretenden Arterie, dazu die Stümpfe zweier abgetrennter Hautnerven. A Abgangsstelle der TA aus der oberflächlichen Vene.

Erweiterung genau auf das Stück zwischen oberflächlicher Vene und Einmündung der Muskelvene beschränkt war (s. Abb. 13). Ein bemerkenswerter Befund ergab sich bei der genauen Untersuchung der Klappen. Die beiden Klappen nämlich, die sich in dem veränderten Teil der Vene befanden, waren deutlich insuffizient (s. Abb. 14). Es sind dies die Klappen, die im funktionstüchtigen Zustand einen Abfluß in das oberflächliche Venennetz verhindert hätten. Bei der einen waren die Anheftungssäume der Taschen, die gewöhnlich gegen den freien Taschenrand zusammenlaufen, durch einen breiten Zwischenraum voneinander getrennt. Bei der anderen fehlte die zweite Tasche, d. h. an ihrer Stelle fand sich der feste und durchaus nicht klappenartige bewegliche Sporn, der sich bei einem Zusammenfluß zweier Gefäße aus den zwei nebeneinanderliegenden und verschmelzenden Wänden ergibt (s. Abb. 14). Beide Klappen also müssen in ihrer Funktion beeinträchtigt gewesen sein.

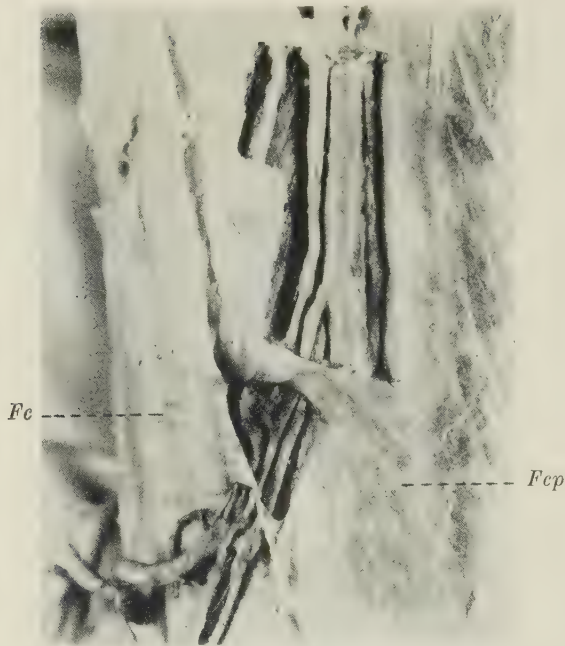


Abb. 12. Subfaszialer Verlauf der in Abb. 11 wiedergegebenen TA. Der M. triceps surae ist entfernt. Man sieht auf die Fascia cruris (*Fc*) und die Fascia cruris prof. (*Fcp*), in deren Fenster A. und V. tibialis post. erscheinen. Der untere Fasiendurchtritt ist trichterförmig (s. Abb. 6). Kurz vor dem zweiten Fasiendurchtritt die Stümpfe der abgetrennten Gefäße aus dem M. triceps surae. In der Mitte verläuft wieder eine Arterie.



Abb. 13. Schattenbild der in Abb. 11 und 12 wiedergegebenen und herausgelösten TA. Der geschlängelte und erweiterte Teil hebt sich gut hervor. *oV* oberflächliche Vene; *Vf* V. fibularis; Bei (*Mv*) Einmündung der Muskelvene aus dem M. triceps surae. Klappendarstellung wie in Abb. 1, die mit (+) bezeichneten sind insuffizient. Die Linie (*F*) gibt die Lage der Faszie an, die Pfeile die mögliche Stromrichtung des Blutes in der TA.



Abb. 14. Darstellung der in Abb. 13 mit (+) bezeichneten Klappen. Bei der oberen treffen sich die Anheftungssäume nicht (+), bei der unteren sieht man rechts die normale Tasche und links den Sporn (+), der von den Venenwänden bei der Einmündung der Muskelvene gebildet wird.

Dem anatomischen Befund nach mußte das unter Druck zufließende Blut aus der Muskelvene sowohl zur Tiefe als auch, durch die insuffizienten Klappen, zur Oberfläche weggedrückt werden können. Welcher Faktor nun die variköse Entartung ausgelöst hat, kann durch den anatomischen Befund nicht geklärt werden, doch scheint die Annahme berechtigt, daß in dem jetzt entarteten Teil durch die hier veränderten mechanischen Bedingungen „Pendelblut“, d. h. nicht abfließendes Blut, sich bilden konnte. Eine Schädigung der Venenwand durch CO_2 , wie es FISCHER-WASELS und JAFFE (1927) annehmen, könnte die Folge gewesen sein.

Zusammenfassung

Die Tiefenanastomosen an Fuß und Unterschenkel wurden auf Lage, Verlauf und Anordnung, sowie auf Zahl, Stellung und Anordnung ihrer Klappen untersucht. Ferner untersuchte ich die Durchtrittsstellen der TA in der Faszie.

Weiter konnten die Lokalisation und der Verlauf der TA und übereinstimmend mit anderen Autoren die gesetzmäßigen Wege, auf denen die TA zu den tiefen Venen gelangen, beschrieben werden. Die Zahl der TA erwies sich als völlig inkonstant.

Der Blutabfluß am Fuß findet nach meinen Untersuchungen gleichberechtigt im oberflächlichen und tiefen Venensystem statt, da ein unbehinderter Austausch in beiden Richtungen möglich ist. Bedingt wird dies durch das Fehlen bzw. die Stellung der wenigen vorhandenen Klappen in den TA. Am Unterschenkel ist der Blutaustausch ausschließlich von der Oberfläche zur Tiefe möglich. Eine Besonderheit stellen die TA dicht neben der Patella und der Patellarsehne dar. Hier kann Blut aus der subfaszialen Kniegelenksregion, durch die Klappenstellung der TA bedingt, auch zur Oberfläche in das subcutane Venennetz abfließen.

Die Klappen in den TA des Unterschenkels finden sich praktisch nur in dem Teil zwischen Faszie und Einmündung in die tiefe Vene.

Die durchschnittliche Anzahl der Klappen in den TA des Unterschenkels ist gegenüber den anderen Venen auffallend erhöht und läßt die Annahme einer gesteigerten Pumpwirkung durch die Muskulatur zu.

Es ergibt sich, daß am Bein besonders bei Muskelarbeit das oberflächliche, subcutane Venensystem durch das tiefe, in die Muskulatur eingebettete System unter Mitwirkung der Tiefenanastomosen mit entleert wird.

Die Konstruktion der Faszie an den Durchtrittsstellen wurde in drei Arten eingeteilt: Das Loch, den Trichter und den Schlitz. Loch und Trichter sichern durch ihre Konstruktion den unbehinderten Durchtritt der Gefäße durch die Faszie. Das Gewebe, welches die Gefäße in der Faszienöffnung fixiert, verhindert offenbar ein Kollabieren der Vene an dieser Stelle. Der Schlitz dagegen verstärkt bei Muskelkontraktion und zunehmender Spannung der Faszie durch seine Konstruktion die pumpende Wirkung der TA.

An einer varikös veränderten TA konnten auffällige Klappenbefunde beschrieben werden.

Literatur

- BARDELEBEN, K., Zschr. Naturw., **14** (1880).
 BENNINGHOFF, A., Lehrb. d. Anatomie d. Menschen. Bd. 2. Berlin-München 1948.
 BRAUNE, W., Die Oberschenkelvene d. Menschen in anat. u. klinischer Beziehung. Leipzig 1871.
 BRAUS, H., Anatomie des Menschen. Bd. 4. Berlin 1940.
 LE DENTU, Recherches anat. et considérations physiol. sur la circul. vein. de la jambe (zit. nach P. Müller). Paris 1867.
 DOW, J. D., Brit. J. Radiology **24** (1951).
 EISLER, P., Die Muskeln des Stammes. Jena 1912.
 EYSHOLDT, Fortschr. Rö-Strahlen **80** (1954).
 FISCHER, WASELS u. JAFFÉ, Bethes Handb. d. norm. u. pathol. Physiologie. VII, 2. Berlin 1927.

- GIACOMINI, Acad. med. di Torimo 1873 (zit. nach Moro).
- HAFFERL, A., Lehrbuch der topographischen Anatomie. Berlin-Göttingen-Heidelberg 1953.
- HALSE, TH., Zschr. Kreislaufforsch., **41**, H. 13/14 (1952).
- KANIA, U., Anat. Anz., **97** (1950).
- KOSSINSKY, K., J. Anat., **60** (1925/26).
- v. LANZ-WACHSMUTH, Prakt. Anatomie I, 4. Berlin 1938.
- Prakt. Anatomie I, 2. Berlin-Göttingen-Heidelberg 1955.
- LINTON, R. R., Ann. of Surgery **107** (1938).
- LÖHR, W., Dtsch. Zschr. Chir., **165** (1921).
- MAGNUS, G., Dtsch. Zschr. Chir., **162** (1921).
- MERKEL, FR., Anat. H. 1 (1891).
- MORO, G., Bruns Beitr. klin. Chir., **71** (1911).
- MÜLLER, P., Die Venen d. Fußes u. Unterschenkel, in BRAUNE: Venensystem d. menschl. Körpers. Lieferung II. Leipzig 1889.
- Arch. Anat. Jahrg. 1897, Suppl. Bd.
- PERTHES, Dtsch. med. Wschr., **16** (1895).
- PIRNER, FR., Anat. Anz., **103** (1956).
- SCHULZE, W., Dtsch. Zschr. Chir., **239** (1933).
- SEIRO, V., Acta Soc. med. Fennicae Duodecim Ser. B, Tom. 27, Fasc. 1—2 (1941).
- SHERMAN, R. S., Ann. of Surgery **130** (1949).
- SIEGELBAUER, F., Lehrb. d. norm. Anatomie d. Menschen. Wien 1947.
- SPALTEHOLZ-SPANNER, Handatlas u. Lehrb. d. Anatomie d. Menschen. II. T., Bd. 2. Amsterdam-Zürich-Stuttgart 1954.

Anschrift des Verfassers: EBERHARD SANDER, Anat. Inst. d. Universität, München 15, Pettenkoferstraße 11.

Lebenslauf

Am 23. September 1927 wurde ich, Eberhard Sander, in Quedlinburg am Harz geboren als Sohn des Gewerbeoberlehrers Rudolf Sander und seiner Ehefrau Anneliese geb. Pöppelmeier. Nach dem Besuch von drei Grundschulklassen kam ich 1937 auf die Oberrealschule in Quedlinburg. Während des Krieges dann wurde ich mit meiner Klasse als Flakhelfer eingesetzt und daran anschließend 1944 zur Kriegsmarine einberufen. Zum Kriegsende in englische Gefangenschaft geraten entließ man mich im Januar 1946 nach Isselhorst in Westfalen. Ich besuchte von März bis November 1946 einen Sonderkurs für Kriegsteilnehmer des Evang. stift. Gymnasiums in Gütersloh/Westf. und erlangte anschließend das Zeugnis der Reife. Von 1946 bis 1949 machte ich eine normale Uhrmacherlehre durch und legte anschließend die Gehilfenprüfung ab. Nach etwa zweijähriger Gehilfenzeit schrieb ich mich dann 1952 auf der Universität München als Student der Medizin ein. 1955 bestand ich das Physikum und nach 12 Semestern im Herbst 1958 das Staatsexamen in München.

